

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND #2

DE 00 / 1467

10/019885

5/16/02

PRIORITY DOCUMENT
 SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
 COMPLIANCE WITH
 RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 12 JUL 2000	
WIPO	PCT

4

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 199 21 568.5

Anmeldetag: 11. Mai 1999

Anmelder/Inhaber: Frank R i n n,
Heidelberg, Neckar/DE

Bezeichnung: Dreidimensionaler Impuls-Tomograph
zur Materialprüfung, insbesondere Baum-
und Holzuntersuchung

IPC: G 01 N 3/32

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Anmeldung.

München, den 23. Juni 2000
 Deutsches Patent- und Markenamt
 Der Präsident
 Im Auftrag

Holz

Dreidimensionaler Impuls-Tomograph zur Materialprüfung, insbesondere Baum- und Holzuntersuchung

Beschreibung

Stand der Technik

Aus der Fachliteratur sind technische Vorrichtungen bekannt, bei denen z.B. die Impulslaufzeit von Schall- bzw. Stoßwellen gemessen und der Qualität des untersuchten Materials zugeordnet werden (siehe z.B. Steck und Görlacher 1986: Methoden der zerstörungsfreien und zerstörungsarmen Prüfung von Bauholz - eine Literaturlauswertung. Sonderdruck im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 315, Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, der Deutschen Forschungsgemeinschaft an der Universität Karlsruhe). Bei Holz, z.B. Telegraphenmasten, korreliert die Laufzeit der Stoßwelle in Wuchs- bzw. Faser-Längsrichtung mit dem Biege-E-Modul des Holzes, was eine Abschätzung der Belastbarkeit und die davon abhängige Einordnung in Güteklassen ermöglicht, die bei neuen Masten wiederum den Kaufpreis bestimmen.

Die Stoßwelle wird hierbei meist mit einem Hammer (oder Impulsgeber) entweder direkt oder über eine Schraube oder einen Schlagstift in den Prüfling eingeleitet (bei Längsdurchschallung meist stirnseitig). Ein Beschleunigungssensor im impulsgebenden Hammer sendet im Moment des Schlageintrags den resultierenden Stromimpuls über eine Leitung an eine zentrale elektronische Einheit, die den Impuls analysiert und je nach Ergebnis (Diskriminierung von z.B. störenden Erschütterungen) eine Uhr startet. Sobald der (ggf. sensortechnisch baugleiche) Detektor am anderen Ende des Prüflings bzw. am anderen Ende der Meßstrecke das Ankommen der Stoßwelle registriert, sendet auch er einen entsprechenden Stromimpuls zur zentralen elektronischen Einheit, die die Uhr stoppt, falls der Impuls den Anforderungen (bezüglich Intensität und Länge) entspricht. Die Impulse, die von Hammer und Detektor kommen, müssen jeweils elektronisch diskriminiert, d.h. von anderen Erschütterungen unterschieden werden. Damit echte Impulse und Fehlimpulse unterschieden werden, können in der Regel 'Gain' und 'Offset' an der zentralen elektronischen Einheit vom Anwender eingestellt werden. Aus der Laufzeit des Impulses und der Entfernung zwischen Schlageintrag und Detektor kann die Impuls- bzw. Stoßwellengeschwindigkeit bestimmt werden. Sie ermöglicht, nicht nur bei Holz, sondern auch bei Beton und anderen Materialien, Aussagen über den inneren Zustand und die

Qualität des Prüflings. Entsprechende Geräte sind schon seit vor 1980 auf dem Markt (z.B. „Stress wave timer“).

An stehenden Bäumen wurden ähnliche Systeme auch schon quer zur Wuchs- bzw. Faserrichtung verwendet, u.a. um innere Schäden festzustellen (Mattheck, C., Betghe, K.: Visual Tree Defect Assessment. Proc. 9th Int. Meet. Non-destructive Testing, Madison, September 1993). Hier werden zur Überbrückung der Rinde z.B. Schrauben oder Stifte verwendet, um einen definierten und kraftschlüssigen, möglichst nicht dissipativen Impulseintrag in und aus dem Holzkörper zu gewährleisten. Auch hier liefert die Laufzeit Informationen über den inneren Zustand, vornehmlich über das Vorkommen starker innerer Schäden, die die Laufzeit mindern, weil der Impuls sich langsamer ausbreitet bzw. Umwege gehen muß.

Ultraschall-Systeme (z.B. „SYLVATEST“) wiederum versuchen eine Qualitätsprüfung über longitudinale oder transversale Laufzeitmessungen am stehenden Baum oder am Bauholz zu erreichen. Hier erfolgt der Impulseintrag nicht manuell über einen Hammer, sondern über einen Ultraschallgeber, der mit einer konischen Spitze so tief in den Holzkörper gesteckt wird, bis er ausreichende Kopplung hat, ebenso der Detektor.

Alle diese Verfahren und Geräte verwenden jeweils ein Sensorpaar bestehend aus Impulsgeber und -nehmer.

Zur Erkundung des inneren Zustands werden u.a. auch Eindringwiderstandsmessungen mit dünnen Bohrnadeln ausgeführt (Brandt, M., Rinn, F. 1989: Der Blick in's Innere von Bäumen. Eine Übersicht über Verfahren zur Stammfäule diagnosi. Holz-Zentralblatt Nr. 80, 5.7.1989, S. 1268 und 1270). Obwohl diese schon einen großen Fortschritt im Vergleich zu den früher üblichen Bohrkernentnahmen darstellen, haben auch diese Methoden Nachteile. Tief in den Stamm (bis in das zumeist nicht mehr lebende Kernholz) eindringende Bohrungen sind immer potentiell schädlicher, als kleine, nur im äußeren, noch lebenden Holz befindliche Verletzungen. Denn in den äußersten Stammschichten findet die Zellteilung statt. Hier können Bäume Verletzungen am schnellsten und wirksamsten verheilen, was im Kern so nicht möglich ist. Daher können Bohrungen insbesondere bei zu häufiger und unkontrollierter Anwendung zu Folgeschäden führen.

Die Ziele vorgenannter Holz- bzw. Baumuntersuchungen können grob in zwei Bereiche eingeteilt werden:

- Auffindung und möglichst tomographische Querschnittsdarstellung von Schäden im Holz (z.B. zur Beurteilung der Bruchsicherheit),
- Ermittlung der Holzqualität (möglichst schon am stehenden Baum vor einer eventuellen Fäll- bzw. Kauf-Entscheidung) oder am liegenden Stamm oder am (u.U. schon verbauten) Balken zur Bewertung des E-Moduls und/oder der Biegefestigkeit.

Hinsichtlich dieser Zielsetzungen treten bei den oben beschriebenen, bekannten Systemen u.a. folgende Probleme auf:

- Die elektronischen Signale der bisher verwendeten Impuls-Hämmer und Detektoren werden über Kabel direkt zu einer zentralen Erkennungs- und Auswertungseinheit gesendet, wo auch eine entsprechend genaue elektronische Uhr sitzt. Die Auswertung der in elektronische Stromimpulse gewandelten, eingetragenen oder detektierten Impulse erfolgt also an einer zentralen Stelle mittels entsprechender elektronischer Schaltungen. Die Impulsform ist dabei entscheidend für die Unterscheidung zwischen echten Impulsen und Störimpulsen. Die Impulsform darf also auf dem Weg vom Sensor durch das Kabel zur Auswertungseinheit nicht durch z.B. elektromagnetische Störungen oder technische Kabeleigenschaften verändert bzw. verfälscht werden. Um dies zu erreichen, müssen die Übertragungskabel erstens abgeschirmt sein und extrem hohe Qualität aufweisen - was zu hohen Preisen, begrenzter Länge (wenige Meter) und eingeschränkter Handhabung führt. Kabel mit entsprechender Abschirmung reagieren empfindlich auf tiefe Temperaturen und andere äußere Effekte, sodaß sie nur eingeschränkt anwendbar und sehr störanfällig sind. So dürfen die Kabel z.B. nicht in einer Schleife liegen. Daher können viele Untersuchungsaufgaben nicht oder nur sehr umständlich und aufwendig erledigt werden.
- Eine longitudinale Zweipunkt-Stoßwellen- oder Ultraschall-Laufzeitmessung am Stamm erlaubt aus verschiedenen Gründen kaum verlässliche Aussagen über dessen Qualität. Bäume haben, je nach Art und Standort unterschiedlich, jedoch in der Regel deutliche radiale Gradienten in ihren Materialeigenschaften. So weisen z.B. Eichen in der Stamm-Mitte häufig die doppelte Dichte des Randbereiches auf. Bei Nadelhölzern ist der Randbereich häufig doppelt so dicht wie das Zentrum. Außerdem stören Äste den Faserverlauf insbesondere am äußeren Stammmrand und damit die dort erfolgenden Laufzeitmessungen. Deren Ergebnisse haben daher nur sehr eingeschränkte Aussagekraft über die Qualität und den inneren Zustand des Stammes.
- Bei den meisten handelsüblichen Geräten erfolgt der Impuls- bzw. Schlageintrag über einen speziellen Hammer, in dessen Kopf ein Sensor eingebaut ist. Die Detektions-Sensoren müssen nun einerseits jedoch sehr empfindlich sein, um auch schwache ankommende Impulse festzustellen. Der Schlagsensor im Hammerkopf darf dagegen nicht zu empfindlich sein, um nicht schon bei kleinen Bewegungen einen Impuls zu senden. Dies zwingt entweder zur Konstruktion zweier unterschiedlicher Sensoren oder zur entsprechend unterschiedlichen Einstellung der beiden.
- Die paarweise Verwendung von Impulsgeber und -nehmer erlaubt jeweils nur eine

Aussage über den einen (direkten) Verbindungsweg zwischen Geber und Nehmer. Für quasi-tomographische Bilder wäre mehrmaliges Umsetzen des Impulsgebers und -Nehmers notwendig, was aufgrund des enormen zeitlichen Aufwands nur selten erfolgt.

- Um aus punktuellen Messungen (z.B. mittels Bohrungen) die erwünschten und für etliche Aufgabenstellungen notwendigen, quasi-tomographische Querschnittbilder zu ermitteln, müßten so viele Messungen erfolgen, dass die Schädigung des Baumes im Vergleich zum Wert des Ergebnisses nicht mehr akzeptiert wird.
- Aufgrund der kleinen Durchmesser der gebräuchlichen Bohrnadeln zur Bohrwiderstandsmessung können speziell Bäume größerer Durchmesser nur sehr beschränkt untersucht werden, weil die Bohrtiefe recht beschränkt ist bzw. die dünne Bohrung nur begrenzte Aussagekraft hat.

Neue Lösung:

Bei der hier beschriebenen, erfindungsgemäß neuen Vorrichtung werden nicht nur die vorgenannten Probleme, sondern noch weitere Aufgabenstellungen erstmals und auf einfache und kostengünstige Weise gelöst: Mindestens drei (baugleiche) Sensoren bzw. Detektoren werden um den zu untersuchenden Querschnitt oder Prüfling herum nach wunschgemäßer Geometrie angeordnet. Bei stehenden Bäumen, z.B., sind meist 4 bis 6 Sensoren pro Querschnitt oder Stammabschnitt ausreichend. Der Impulseintrag kann mittels handelsüblichem Hammer erfolgen. Vom Punkt des an verschiedenen Stellen erfolgenden Impulseintrags ergibt sich zu jedem Sensor ein entsprechender Meßwert, was nach Zusammenfassung ein dreidimensionales, quasi-tomographisches Querschnittbild ergibt.

Eigenständige Sensoren kommunizieren über Standard-Leitungen

Jeder Sensor enthält eine eigene, selbständige elektronische Regelung, u.a. mit einem elektronischem Zeitgeber (im weiteren vereinfacht 'Uhr'). Die aus dem Prüfling ankommenden Impulse werden nach ihrer Umwandlung in Stromimpulse (z.B. über Piezokristalle) direkt im Sensor elektronisch verarbeitet und diskriminiert. Äußere Störeinflüsse werden also direkt im Sensor unterdrückt. Die Störungen, die bislang im Übertragungssystem (Kabel) problematisch waren, werden hiermit ausgeschlossen. Wurde eine aus dem Prüfling ankommende Stoßwelle als Impuls erkannt, wird ein elektronischer, vorzugsweise digitaler Standardimpuls (z.B. TTL) erzeugt. Dieser kann über einfache, kostengünstige Standardkabel nahezu unbeschränkter Länge oder auch per Funk, Infrarot oder Ultraschall an andere Sensoren oder an eine zentrale Einheit (z.B. PC) übertragen werden. Dabei identifizieren sich die Sensoren mit einem eindeutigen Code.

Optional können die Sensoren nicht nur ankommende Impulse feststellen, sondern, z.B. über den umgekehrten Piezoeffekt, auch selbst Impulse erzeugen und eintragen, zumal hierfür prinzipiell die gleiche Technik benötigt wird.

Die Sensoren können z.B. in Form einer Ringleitung miteinander verbunden sein. Die Daten können jedoch auch sternförmig oder per Funk zu einer Zentraleinheit (Anzeige, Speicher, Ausgabe) oder gleich einem vorzugsweise feldgängigen Computer übertragen werden. Dabei ist die Anzahl der Sensoren quasi beliebig, wenn diese sich bei der Kommunikation jeweils selbst identifizieren. Die Sensoren müssen lediglich eindeutig identifiziert und ihre Lage zugeordnet werden, wobei bei jedem Schlag die Position des Schlageintrags festgehalten wird.

Bei Bäumen z.B. kann es notwendig werden, dass die Sensoren auf mehrere Meter Höhe angebracht werden. Dies kann mittels Teleskopstangen erfolgen, da die Sensoren entweder direkt eingeschlagen oder auf eingeschlagene Stifte angebracht werden.

Meßablauf

Der Ablauf einer Prüfung besteht aus verschiedenen, nachfolgend beschriebenen Schritten.

Vorbereitungen

Zunächst muß die richtige Position der Sensoren am Prüfling bestimmt werden, was entsprechende Fachkenntnis erfordert. Die Sensoren werden zur Baum- und Holz-Untersuchung z.B. vorzugsweise auf in das Holz eingeschlagene oder eingeschraubte Stifte aufgesteckt, aufgeschraubt oder aufgefänscht, damit eine ausreichend stabile Kopplung mit dem Holz gewährleistet wird.

Außerdem wird die (falls notwendig dreidimensionale) Geometrie des Prüflings erfaßt, was mittlerweile auch auf laser- und pc-gestützte Weise erfolgen kann. Mit der Geometrierfassung wird die Position der Sensoren erfaßt. Zu Beginn einer Messung stehen alle Sensoren in sogenannter 'Wartestellung'.

Impulseintrag

Der Impulseintrag kann dann je nach Aufgabenstellung an einer oder mehreren beliebigen Stelle(n) des Prüflings erfolgen. Zwischen Impulseintragsstelle und jedem Sensor ergibt sich somit eine Meßstrecke mit einem Laufzeitergebnis. Zu jedem Impulseintrag entsteht folglich eine Liste der Ankunftszeiten der Impulse an den Detektoren. Diese werden der jeweiligen Strecke zwischen Impulseintrag und Sensor zugeordnet.

In einer einfachen erfindungsgemäßen Ausführungsform hängt über jedem Sensor ein z.B. mit Gummi befestigter Schlagstift, über den der Stoßwelleneintrag erfolgen kann (vorzugsweise mittels einfachem handelsüblichem Hammer).

Im zweiten Arbeitsgang erfolgt jeweils mindestens ein Schlag auf die angebrachten Impulseintragsstifte. Der Vorteil bei dieser Vorgehensweise ist, dass die Koordinaten des Impulseintrages jeweils gegeben sind, da die Koordinaten der Sensoren ohnehin erfaßt werden müssen.

Der Impulseintrag kann aber auch z.B. mittels Hammer und/oder Schlagstift an beliebigen anderen Stellen erfolgen. Zur direkten Bewertung bezüglich inneren Holzschäden reicht dieses Vorgehen bereits aus, weil die Ergebnisse vom untersuchenden Fachmann direkt erfaßt und zugeordnet werden können. Soll jedoch ein möglichst vollständiges tomographisches Bild ermittelt und dargestellt werden, muß auch die jeweilige Position des Impulseintrages entsprechend genau erfaßt werden.

Initialisierung

Die Sensoren werden initialisiert entweder durch den Impulseintrag (Kabelverbindung zum Hammer) oder durch den ersten Sensor, der einen ankommenden Impuls identifiziert hat. Initialisierte Sensoren starten ihre internen Uhren und bestimmen die Zeitdifferenz bis die nächste Stoßwelle bei Ihnen ankommt. Die Übertragung der elektronischen Standardimpulse über Kabel (oder Funk) erfolgt fast per Lichtgeschwindigkeit und ist damit um Größenordnungen schneller als die Laufzeit von Stoßwellen (nicht nur in Holz). Daher wirkt sich der zeitliche Versatz durch die elektronische Übertragung der Initialisierung nicht signifikant auf die Meßgenauigkeit aus.

Messung und Kommunikation

Jeder Sensor sendet die Zeit zwischen Initialisierung und Impulsdetektion an die anderen Sensoren und/oder an die zentrale Aufnahmeeinheit, wo die Werte gesammelt werden.

Ergebnis

Die Ergebnisse der jeweiligen Laufzeiten werden vorzugsweise direkt auf Papier ausgedruckt oder auf einem feldgängigen, z.B. wasserdichten Display angezeigt.

Die Auswertung kann per Computer unterstützt werden, in dem das Display mit einem solchen verbunden oder direkt ein feldgängiger PC verwendet wird. Stoßwelleneintragspunkt und Sensorpositionen werden entweder manuell oder graphisch eingetragen - oder sie

ergeben sich automatisch daraus, dass der Sensor, neben dem geschlagen wurde, die Laufzeit Null meldet (denn er hat ja die Uhren gestartet, nachdem er den Impuls als Erster festgestellt hat).

Aus den Laufzeiten für die jeweiligen Verbindungsstrecken zwischen Impulseintrag und Sensor ergeben sich automatisch quasi-tomographische Querschnittbilder des Zustands. Die Anzahl der Verbindungsstrecken und damit Ergebnisse ergibt sich in Abhängigkeit von der Anzahl der Sensoren (n) wie folgt: erfolgt der Impulseintrag nicht direkt an einem der Sensoren, so entstehen pro Impuls n Laufzeit-Ergebnisse, erfolgt der Impulseintrag direkt an einem Sensor, so entstehen $n-1$ Ergebnisse.

Auswertung

Wird an jedem Sensor ein Impulseintrag vorgenommen, so entstehen $n \cdot (n-1)$ Ergebnisse. Bei nur 6 Sensoren (und damit 6 Schlageintragspunkten) an einem Baum entstehen also 30 Meßstrecken mit entsprechender Laufzeitinformation, woraus sich ein quasi-tomographisches Querschnittbild ergibt. Da pro Impulseintrag nur wenige Sekunden benötigt werden, kann auf diesem Wege in sehr kurzer Zeit eine umfassende Information über den inneren Zustand ermittelt werden.

Wenn z.B. zwei Sensorringe in unterschiedlichen Höhen z.B. an einem stehenden Baum angebracht werden (z.B. auf Fuß und in Kopfhöhe), ergeben sich automatisch umfangreiche Daten über den Zustand des gesamten Volumens zwischen diesen beiden Ringen. Aus zwei Ringen à 6 Sensoren entstehen bei 12 Impulseinträgen (je einer neben den Sensoren) insgesamt 132 Verbindungsstrecken mit entsprechender Laufzeitinformation, woraus sich ein relativ genaues Bild über den Holzzustand zusammensetzen läßt.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist dabei nicht auf eine bestimmte Anordnung der Sensoren, z.B. um einen Querschnitt herum gebunden. Vielmehr können die Sensoren frei positioniert werden. Da auch die Anzahl der Sensoren erfindungsgemäß nicht beschränkt ist, kann damit auch die Genauigkeit der dreidimensionalen Erfassung des Prüflings bestimmt werden - da die Genauigkeit bestimmt ist durch Anzahl und Position der Sensoren sowie Anzahl der Impulseinträge. Eine EDV-gestützte Erfassung der Position von Sensoren und Impulseintrag sowie eine entsprechend automatisierte Auswertung ermöglicht eine leichte Verarbeitung der mit der Anzahl der Sensoren schnell ansteigenden Anzahl der Ergebnisswerte, wobei einzig die Geometrie der Probe und die Anordnung der Sensoren erfaßt bzw. eingegeben werden muß.

Geometrie und Lage-Erfassung

Die Geometrie bzw. Oberflächen-Topologie des Prüflings und die Lage der Sensoren sind

Grundlage weiterer Auswertungen. Die Genauigkeit ihrer Erfassung bestimmt die Genauigkeit und Aussagekraft der Ergebnisse. Diese Erfassung kann dabei skizzenhaft erfolgen oder über handelsübliche Entfernungsmessinstrumente. Ebenso sind Laserentfernungs- und Positionserfassungsgeräte sinnvoll.

An jedem Sensor kann z.B. ein mit dem Nachbarsensor verbundenes Seil mit Winkelanzeige angebracht sein, womit Entfernung und Winkel zum nächsten Sensor erfaßt werden können. Bei bekannter Sensorgröße kann aus den Sensorabständen und Seilverbindungswinkeln auch die Geometrie des Probenquerschnitts im untersuchten Bereich (z.B. Baumquerschnitt) angenähert werden.

Alternativ kann die Zentraleinheit (z.B. PC) die Position der Sensoren und der Impulseintragsstellen mittels Infrarot- und Laser-Abstandsmesser erfassen und als dreidimensionales Bild darstellen. In diesem Falle kann aus den dann ermittelten Impulsdaten direkt ein dreidimensionales Bild des inneren Zustands errechnet, dargestellt und ausgegeben werden.

Optionen

- Die Vorrichtung wird wasserdicht ausgebildet für einen Einsatz im Feld wird.
- Die Sensoren werden nicht auf einen Stift aufgesetzt, sondern auf eine sternförmige Stiftkombination, die in verschiedene Richtungen zeigende Stiftspitzen aufweist. Wenn nun die ankommenden Impulse je nach Einzelspitze getrennt erfaßt werden, können Ergebnisse über die räumliche Richtung der Impulse ermittelt werden, was z.B. bei Bäumen interessant ist, weil es unterschiedliche radiale und tangentiale Ausbreitungsverhalten gibt.

Der Schlagstift, der entweder von einem Hammer oder von einem Sensor betätigt wird, kann in unterschiedliche Richtungen orientiert sein.

Vorteile im Vergleich zu bisherigen Verfahren und Produkten im Überblick:

- Mehrere Sensoren ermöglichen quasi-tomographische Bestimmung des inneren Zustands mit wenigen Messungen.
- Es wird nur noch eine Sorte von gleichgestellten Sensoren benötigt, womit die Herstellungskosten reduziert werden.
- Die Sensoren werten Impulse aus dem zu untersuchenden Material direkt, eigenständig und damit 'vor Ort' aus, was Störquellen und Aufwand vermindert.
- Der Schlageintrag kann z.B. mittels handelsüblichem Hammer erfolgen, was

wesentlich und flexibler und kostengünstiger ist.

- Die Sensorverbindung benötigt nur noch einfache, handelsübliche und kostengünstige Verbindungskabel oder kann per Funk oder anderen Fernübertragungsmethoden erfolgen, weil nur noch elektronische Standardimpulse übertragen werden.
- Aufgrund der technischen Eigenschaften des Systems können beliebig viele Sensoren am Prüfkörper uneingeschränkt positioniert werden.
- Das System ist aufgrund der Sensorabschirmung, Standardkabel und der übertragenen Impulse vielfach unempfindlicher gegen elektromagnetische Störstrahlungen, falsche Handhabung, mechanische Belastungen und andere Störungen.
- Quasi-tomographische Querschnittbilder entstehen automatisiert und auf vielfach einfacherem Wege. Ein Querschnittbild mit 30 Meßstrecken würde mit aktuell handelsüblichen Impulshämmern mindestens 10-fach mehr Aufwand bedeuten.
- Volumenrelevante Ergebnisse entstehen schon ab drei Sensoren. Eine fast beliebige dreidimensionale Erfassung des Zustands ist auf einfachem Wege möglich.
- Die Messung können extrem schnell erfolgen: 1. Stifte einstecken, 2. Sensoren montieren, 3. Schlagen, 4. notieren (oder z.B. automatisch durch EDV auswerten lassen). Für die hierzu notwendigen zwei Baumumrundungen werden nur wenige Minuten benötigt.

Zeichnung:

- : Sensor
- 2: Verbindungskabel
- 3: Zentrale Aufzeichnungseinheit
- 4: Schlagstift (optional über Gummi mit Sensor verbunden)
- 5: Hammer (z.B. handelsüblicher Schonhammer)

Ansprüche:

Vorrichtung zur Materialprüfung, vorzugsweise zur quasi-tomographischen, dreidimensionalen Untersuchung und Darstellung des inneren Zustand von Prüflingen, insbesondere Bäumen und Holz, dadurch gekennzeichnet, dass

1. beliebig viele, mindestens jedoch drei impuls-detektierende Sensoren um den zu untersuchenden Prüfling herum in beliebiger dreidimensionaler Anordnung angebracht werden, die das Ankommen von einem an beliebiger Stelle des Prüflings eintragenden Impulsgebers ausgehenden Impulsen feststellen, selbständig identifizieren und vermessen sowie zur Auswertung an anderer Stelle übermitteln.

Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

2. der Sensor, der den ankommenden Impuls als erster feststellt, dies anderen Sensoren elektronisch mitteilt, diese damit initialisiert, so daß sie die Zeit bis zum Eintreffen des Impulses bei ihnen messen und übermitteln können.

Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

3. die Geometrie der Probe und die zugehörige Lage und Ausrichtung der Sensoren z.B. mittels Laser erfaßt wird und in die Auswertung als Grundlage quasi-tomographischer dreidimensionaler Querschnittsdarstellungen mit eingeht.

Vorrichtung nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass

4. auch die zeitliche und räumliche Intensitätsverteilung der Impulse gemessen wird.

Vorrichtung nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass

5. nicht nur Einzelimpulse eingetragen und deren Ankunft erfaßt wird, sondern auch Impulsserien mit gleicher oder schwankender Intensität und Frequenz.

Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

6. die Sensoren ring- oder sternförmig verbunden werden oder die Signale per Funk übertragen werden.

Vorrichtung nach Anspruch 1 und/oder ??, dadurch gekennzeichnet, dass

7. die Sensoren sich jeweils elektronisch selbst identifizieren, die Ergebnisse speichern, anzeigen und später übertragen können.

Vorrichtung nach Anspruch 1 und/oder ??, dadurch gekennzeichnet, dass

8. die Sensoren Impulse nicht nur detektieren, sondern auch selbst erzeugen.

Vorrichtung nach Anspruch 1 und/oder ??, dadurch gekennzeichnet, dass

9. der Abstand und die Orientierung der Sensoren mittels (mechanischer) Ausziehmaßstäben erfaßt wird.

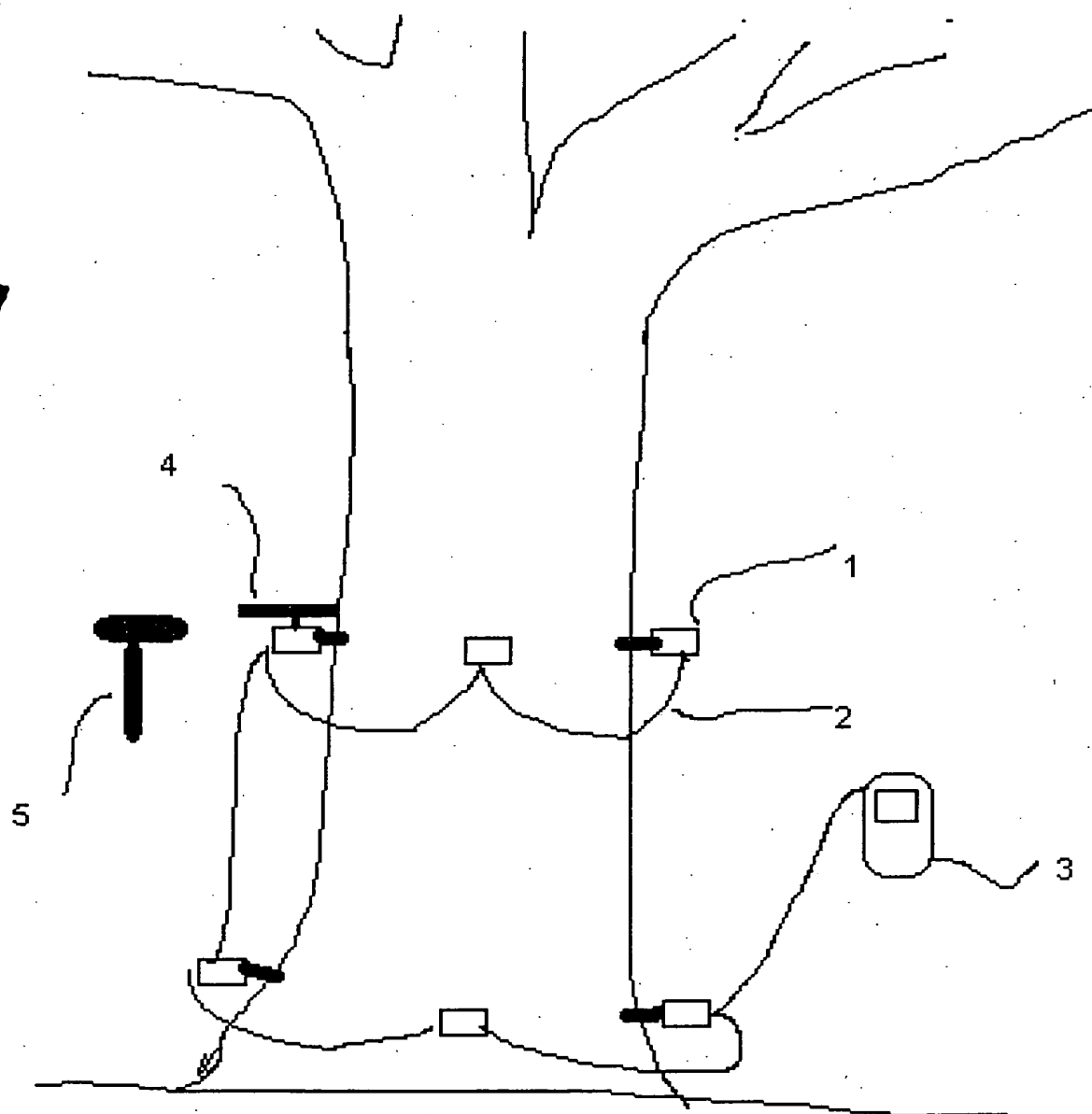


Fig. 1

THIS PAGE BLANK (USPTO)